

CONCEPTIONS MODERNES EN BIOCLIMATOLOGIE ET CLASSIFICATION DES FORMATIONS VÉGÉTALES

par A. AUBRÉVILLE

La complexité du fait climatique, l'évidente nécessité de comparer les climats du globe entre eux, a conduit beaucoup de géographes climatologues à tenter des classifications par application d'indices climatiques. Plus d'une douzaine ont été publiés. Tous sont de la forme :

$$\frac{\text{Précipitations}}{\text{Fonction de la température}}$$

ce qui est logique puisqu'à précipitations égales, l'atmosphère est d'autant plus desséchante et l'appel à l'évaporation d'autant plus grand que la température est plus élevée. A côté d'indices simples $\frac{P}{T}$ on a essayé des indices où la fonction de la température devient plus compliquée et peut devenir exponentielle, puis des indices $\frac{P}{ds}$ (ds , déficit de saturation), $\frac{P}{F}$ (F , tension maximum de la vapeur d'eau), $\frac{P}{Ev}$ (Ev , évaporation), où les dénominateurs sont toujours en fait des fonctions plus ou moins compliquées de la température.

A ma connaissance, aucun de ces indices ne semble avoir emporté l'adhésion générale des climatologues. Ils donnent des représentations incomplètes des climats, et plus particulièrement des bioclimats, parce que ce sont des rapports de moyennes annuelles des éléments climatiques, rapports qui peuvent être les mêmes pour des climats différents et qu'ils ne tiennent pas compte des rythmes climatiques (saisons) si importants en biologie végétale, surtout en zone tropicale avec ses saisons sèches et pluvieuses si marquées.

Donnant des résultats comparatifs acceptables à l'intérieur de régions limitées où la structure du climat est la même, ils deviennent insuffisants à l'échelle universelle.

Après des années de recherches sur l'élément climatique « humidité » qui firent l'objet de divers articles de revues depuis 1931, C. W. THORNTHWAITE en 1948 a apporté une notion nouvelle, celle de l'évapo-transpiration potentielle PE, qui est l'évapo-transpiration que produirait une surface couverte de végétation si le sol était toujours suffisamment

humide pour une transpiration illimitée. Elle ne dépend que du climat et essentiellement de la température. Elle est considérée par son auteur comme un indice « d'efficacité thermique » d'un climat et elle entre dans le calcul du bilan énergétique d'un écosystème. THORNTHWAITÉ a écrit que « la croissance des plantes cultivées est en corrélation étroite avec le PE cumulé. Pour cette raison le PE annuel peut être considéré comme une sorte de potentiel de croissance pour la région ». L'auteur s'est servi aussi de PE pour définir un indice d'humidité qui est le fondement de sa classification du globe par zones d'humidité, comme le PE annuel à lui seul sert également à définir des régions thermiques.

La comparaison des mesures de l'évaporation et de l'évapo-transpiration réelles est peu probante parce que les mesures dépendent en partie d'un coefficient propre à chaque instrument utilisé. Nous ne nous arrêtons pas sur les méthodes de ces mesures, d'autant plus que l'une des originalités de la notion apportée par THORNTHWAITÉ est qu'il a établi une formule empirique qui permet de calculer ce PE mensuel à partir de la température moyenne mensuelle avec certaines corrections tenant compte de la latitude du lieu. Cette formule et son application sont d'une effroyable complication; je me suis étendu sur ce sujet dans une étude critique de 1956¹. L'auteur a pallié la difficulté en mettant à la disposition des utilisateurs de sa méthode un système d'abaques qui leur permet de déterminer aisément ce PE sur des graphiques.

Le système de THORNTHWAITÉ a eu la faveur de nombreux écologistes, mais il a été aussi très critiqué.

Il est *a priori* très séduisant — abstraction faite des calculs — parce qu'il permet d'établir le bilan hydrique d'une formation végétale déterminée, connaissant la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle. A partir du PE calculé THORNTHWAITÉ en effet détermine l'évapo-transpiration réelle en recourant à certaines hypothèses sur les apports des réserves d'eau du sol pour compenser la différence entre la précipitation et l'évapo-transpiration réelle, lorsque la première est inférieure à la seconde.

Bref, toutes les difficultés que présenteraient les mesures expérimentales sont esquivées, et on établit donc aisément le bilan de l'eau. Lorsque dans un mois la précipitation est supérieure à E_v (évapo-transpiration réelle), $P - E_v$ est la mesure *s* de l'excès d'eau. Lorsque dans un mois, PE est supérieur à E_v , THORNTHWAITÉ compte $(PE - E_v)$ comme un déficit virtuel *d*. L'indice d'humidité I_m , caractérisant la formation végétale est déduit d'une relation entre *s*, *d* et PE, valeurs annuelles.

$$I_m = \frac{100 s - 60 d}{PE} \quad \text{où} \quad s = \Sigma_{12} (P - E_v) \quad d = \Sigma_{12} (PE - E_v).$$

C'est aux résultats, étendus à l'échelle du globe que l'on peut juger du caractère véritablement universel d'un système, c'est-à-dire de sa valeur réelle. Les formules empiriques, non déduites de principes physi-

1. Bois et Forêts des Tropiques, 47 (1956).

ques, établies de telle façon que les résultats de leur application coïncident sensiblement, dans des cas limités, avec ceux de mesures expérimentales, ne donnent généralement plus de résultats acceptables lorsqu'elles sont appliquées loin de leur pays d'origine. Ni en Inde (BHARUCHA), ni en Australie (GENTILI), elles n'ont donné satisfaction. La carte établie d'après ce système par D. B. CARTER pour l'Afrique, publiée par la F. A. O.¹, est écologiquement inacceptable. Les zones classées humides comprennent la forêt dense humide guinéo-congolaise presque en totalité, mais aussi de nombreux pays semi-arides, ou même arides, couverts de savanes boisées, de forêts claires, voire même de steppes. S'il fallait admettre qu'elles représentent de réelles zones d'humidité, cela entraînerait que le postulat de la corrélation des formations végétales climaciques avec les bioclimats serait faux.

Mais c'est le principe même de la validité de l'application du système de THORNTHWAITE à la biologie des formations végétales que je voudrais maintenant critiquer. Pour moi, la notion de PE est un concept climatologique théorique mais non véritablement bioclimatologique. La végétation y est considérée comme un mécanisme physique par lequel l'eau est transportée du sol dans l'atmosphère. Mais les plantes ne sont pas des machines. Lorsqu'il y a un déficit d'eau constaté ($E_p - P > 0$) cela correspond dans certains cas à un ralentissement fonctionnel de la végétation dont elle ne souffre pas nécessairement, qui peut même être une période de repos, nécessitée par son rythme physiologique. En lui apportant tout le complément de l'eau qui lui manque dans cette période, il est douteux qu'une végétation adaptée biologiquement à ces périodes de déficit hydrique puisse en bénéficier et retrouver instantanément une activité normale. En imaginant que l'on comble les déficits présumés, il est probable qu'une nouvelle formation adaptée à cette humidité abondante prendrait la place de la première. Par conséquent l'indice d'humidité calculé à partir du PE n'est pas représentatif de la première formation qui était en équilibre avec le milieu initial, car les déficits virtuels calculés d'après la méthode THORNTHWAITE ne sont pas des déficits réels.

Le pouvoir évaporatoire des plantes n'est pas sans limite. On sait qu'elles peuvent dans une certaine mesure s'adapter à des déficits hydriques temporaires en réduisant leur transpiration, et qu'une plante introduite dans un milieu nettement plus sec que son milieu habituel ne peut y vivre même en l'arrosant abondamment. Nous observons dans nos appartements parisiens, chauffés au chauffage central durant l'hiver, que des plantes d'appartement qui sont adaptées à une atmosphère assez humide n'y peuvent survivre même en arrosant surabondamment.

Dans les pays tropicaux, nous avons constaté que des espèces d'arbres décidus en saison sèche qui viennent incidemment s'établir à la faveur du découvert des défrichements dans une région de forêt dense humide, continuent à perdre leurs feuilles à l'époque de la saison sèche, comme si le

1. *Unasylva*, 9 (1955).

nouveau milieu plus humide n'avait aucune répercussion sur leur rythme biologique habituel.

Une expérience fut réalisée il y a déjà de nombreuses années par BÉGUÉ dans la forêt dense humide du Banco près d'Abidjan. Dans une parcelle défrichée et soigneusement désouchée de la forêt furent introduites des espèces d'arbustes et de petits arbres, de la flore des savanes boisées du nord du pays, c'est-à-dire d'un pays semi-aride. Cette expérience fut suivie durant longtemps, le terrain d'étude étant nettoyé chaque année afin de lui garder son aspect de savane. Si cet entretien avait été arrêté, la végétation autochtone aurait vite repris possession du sol, étouffant la flore étrangère. En dépit de ces soins, celle-ci n'a aucunement profité de l'eau qui lui était donnée en abondance sous le climat de basse Côte d'Ivoire; au contraire ceux des arbustes de la savane qui ne périssaient pas, avaient un port souffreteux, plus médiocre que celui qu'ils auraient atteint dans leur savane originelle.

La notion de l'évapo-transpiration potentielle, indice théorique de croissance maximum n'est pas valable pour tous les types de végétation; ce n'est pas un concept écologique. Il l'est sans doute pour des plantes cultivées puisque THORNTHWAITÉ l'a affirmé d'après des résultats expérimentaux. Nous le croyons bien volontiers, nous ne mettons pas en doute qu'en arrosant abondamment des salades on obtienne une meilleure production que si, en temps sec, l'on s'en remet seulement aux caprices du ciel pour les arroser. Le rapport de PE avec la biologie des formations végétales naturelles ne se présente pas de la même façon. Beaucoup de formations tropicales ne sauraient profiter longtemps d'un apport complémentaire d'eau, sans changer de nature. C'est du moins notre conviction.

Les théories de THORNTHWAITÉ sont encore adoptées dans de récentes études écologiques. Celles de HOLDRIDGE qui s'inspirent de la même conception de l'évapo-transpiration potentielle n'ont pris leur forme définitive que depuis quelques années. Cet auteur a conçu un système universel de classification des « zones de vie » des plus originaux. Par « zones de vie » il faut comprendre les bioclimats avec les formations végétales climaciques associées. HOLDRIDGE a fait école en Amérique latine. Des cartes écologiques selon son système ont été publiées successivement pour l'Amérique Centrale (1953-1962), le Pérou (par Tosi, 1960), la Colombie (par L. E. ESPINAL et E. MONTENEGRO, 1963). D'autres paraîtront prochainement pour l'Équateur et le Venezuela. Cependant ce système est encore peu connu en Europe. Au moins par son ingéniosité il mérite de l'être mieux des bioclimatologistes.

Pour HOLDRIDGE, PE est proportionnel à t , et il écrit : $PE = t^{\circ} \times 58,93$, formule empirique de la plus grande simplicité qui serait valable en tous lieux. On ne peut alors s'empêcher de penser aux complications des calculs et des graphiques de THORNTHWAITÉ pour définir la même évapo-transpiration. Par une méthode graphique HOLDRIDGE passe aussi du PE moyen annuel à l'évapo-transpiration réelle moyenne annuelle.

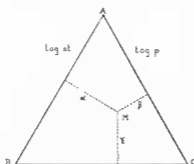
Son système de définition et de classification des bioclimats se résume

en un schéma triangulaire divisé en alvéoles hexagonales, chacune correspondant à un type bioclimatique. Chaque lieu est déterminé par trois coordonnées : la précipitation moyenne annuelle P mm, la biotempérature moyenne annuelle (somme des températures moyennes mensuelles supérieures à 0° , divisée par 12), un taux d'évapo-transpiration potentielle qui est le rapport $\frac{PE}{P}$, indice inverse des indices climatiques habituellement proposés.

Deux axes de coordonnées font entre eux un angle de 60° . Les coordonnées sont mesurées suivant des échelles logarithmiques. Les précipitations limites des bioclimats sont 125 mm, 250, 500, 1000, 2 000, 4 000, 8 000. Les températures sont comptées suivant une échelle logarithmique à axe vertical. Les parallèles aux deux axes passant par les points choisis comme seuils écologiques délimitent les alvéoles représentatives des bioclimats. Le principe compliqué de la construction aboutit ainsi à un schéma des plus simples ¹.

Au delà de la délimitation écologique des bioclimats par les 3 coordonnées P , $\frac{PE}{P}$, t , HOLDRIDGE attribue à chaque niche de son schéma une formation végétale climacique qui, par exemple à l'intérieur de la bande inférieure des alvéoles correspondant à une température supérieure à 24° , c'est-à-dire aux bioclimats tropicaux, se succèdent dans l'ordre naturel : rain forest, wet forest, moist forest, dry forest, very dry forest, thorn woodland, desert bush, desert. Chaque bioclimat et chaque forma-

1. L'ingénieux diagramme d'HOLDRIDGE en forme de triangle découpé en alvéoles où chaque point a trois coordonnées (pluviosité annuelle, température moyenne annuelle et taux d'évapotranspiration potentielle)



s'appuie sur une propriété élémentaire du triangle équilatéral : la somme des distances d'un point intérieur au triangle, aux trois côtés est constante et égale à la hauteur du triangle.

Soit M un point intérieur au triangle équilatéral ABC , et α , β et γ les distances de ce point à chacun des côtés, on a la relation : $\alpha + \beta + \gamma = Cte$.

(Cette relation reste vraie au coefficient $\sqrt{\frac{2}{3}}$ près, si les axes de coordonnées sont les côtés du triangle au lieu des hauteurs).

Ainsi un point M paraît déterminé par trois coordonnées, $\log p$, $\log \frac{at}{p}$, $\log t$. En fait 2 paramètres suffisent : p et t par exemple ou encore β et γ avec nos notations. Par ailleurs, il est immédiat que le lieu des points pour lesquels : $\gamma = \gamma_1 = Cte$ est une droite parallèle au côté BC . Autrement dit, pour toutes les stations ayant même température t° , le taux d'évapo-transpiration potentielle ne dépend que de la moyenne annuelle des précipitations.

tion végétale associée sont donc définis uniquement par des limites inférieures et supérieures de P , $\frac{PE}{P}$ et t .

En réalité puisque PE est une fonction proportionnelle à la température, il n'y a que deux valeurs bioclimatiques en cause P min et t^0 .

Le système graphique d'HOLDRIDGE est d'une application séduisante par sa simplicité en vue de l'établissement de cartes de la végétation climacique d'un pays, puisqu'à chaque station météorologique, connaissant P et t , il correspond un point du diagramme avec l'indication de la formation végétale qui devrait exister là. Aucune définition ni physiologique, ni biologique, n'est cependant donnée qui permettrait de distinguer entre eux autrement qu'écologiquement les divers types de formations. Comment distinguer dans la zone tropicale les rain forest, wet forest, moist forest qui sont toutes du type forêt dense tropicale humide; comment les séparer des 3 mêmes types qui sont placés dans la zone située immédiatement au-dessus dans le schéma et qui (18 — à 24°) appartiennent encore à une flore tropicale! HOLDRIDGE ne le dit pas.

La définition des bioclimats n'est qu'écologique. Mais quelle simplicité pour les cartographes. On a l'impression que, disposant de toutes les statistiques météorologiques et d'une carte du relief, on pourrait dessiner la carte des formations végétales sans même aller voir le pays. Nous ne doutons aucunement que les auteurs des cartes déjà publiées pour l'Amérique latine aient certainement consciencieusement parcouru les pays cartographiés. Dans la dernière en date, la carte écologique de la Colombie, une copieuse notice explicative donne de nombreux renseignements sur l'aspect des diverses formations en Colombie avec photographies, profils-diagrammes, tableaux de détermination des indices d'humidité selon la méthode de THORNTHWAITÉ, analyses du sol, listes d'espèces. Cependant les distinctions entre les types de forêts denses humides ne sont pas mises en évidence. Des listes d'espèces, si détaillées soient-elles ne peuvent pas faire connaître les espèces caractéristiques, celles qui permettraient au moins d'un point de vue floristique de définir et de distinguer les formations. Pour effectuer des analyses floristiques valables il est indispensable d'établir des inventaires systématiques par sondage portant sur d'importantes superficies de forêt. Bref, ces cartes donnent l'impression que leurs auteurs ont surtout suivi très exactement la classification écologique de HOLDRIDGE et on ne pourrait que s'émerveiller de cette concordance entre les indications d'une construction graphique théorique et la réalité de la Nature si cette concordance était toujours vraie.

Rappelons qu'il s'agit de cartes de la végétation climacique, c'est-à-dire montrant quels types de végétation occupaient les pays avant toute implantation humaine. Les llanos de l'Orénoque par exemple, figurés par une grande surface jaune, sont indiqués comme couverts de « forêt sèche tropicale », alors qu'il s'agit d'immenses savanes herbeuses coupées de galeries forestières. La forêt sèche est-elle la formation climacique des llanos? C'est une opinion qui peut se défendre, mais ce n'est qu'une

hypothèse que d'autres ne partageront pas. Les auteurs expliquent d'ailleurs que la végétation forestière primitive a disparu dans ces vastes plaines ne laissant plus comme témoins que les minces galeries forestières. Nous sommes en plein domaine hypothétique et les lecteurs de la carte écologique doivent le savoir. Ce que l'on peut regretter c'est qu'à ma connaissance il n'y ait pas dans ces pays de bonnes cartes de la végétation réelle, où l'on verrait l'emplacement des forêts là où il en existe encore, des savanes, des surfaces cultivées ou en pâturage, et où la répartition entre différents types de forêts correspondrait exactement à ce qui existe en fait, au lieu d'être virtuelle et établie d'après une conception écologique théorique. La confrontation des cartes avec les conditions écologiques existantes peut venir après, faisant ressortir coïncidences et divergences et posant de vrais problèmes. De telles cartes sont indispensables pour connaître un pays, son potentiel de ressources, pour une planification éventuelle, pour tous les ingénieurs, géographes et enseignants. Une carte de la végétation climacique est utile, mais il ne faut pas oublier qu'elle est subjective, hypothétique et prête à controverse. Ce qui presse à mon avis au premier chef, c'est de disposer de cartes de la végétation telle qu'elle existe.

Mais revenons à la conception même de HOLDRIDGE, « Classification of World plant formations or Natural life zones ». Effectivement la construction est prévue pour une application universelle, mais donnera-t-elle satisfaction dans un essai d'utilisation à l'échelle mondiale, au-delà des pays andins où elle a été appliquée jusqu'à présent? Nous le saurons plus tard. Connaissant l'Afrique tropicale, je suis persuadé que les seuils écologiques selon HOLDRIDGE ne conviennent pas pour la forêt dense humide africaine. Il y a de très belles forêts denses humides avec une précipitation annuelle de l'ordre de 1 500-1 800 mm et même moins, et inversement il existe des pays où il tombe plus de 2 000 mm d'eau et où il n'y a plus de forêt dense humide. Pourquoi cette opinion *a priori* sceptique : parce que HOLDRIDGE n'a pas tenu compte du facteur saison sèche, de sa durée surtout, qui conditionne avec la quantité de pluies la distribution des types de végétation. HOLDRIDGE veut ignorer les rythmes climatiques, ou plutôt il les considère comme des faits secondaires.

Il ne tient pas compte de cet autre élément climatique qu'est l'humidité atmosphérique, de son expression la meilleure dans la notion de déficit de saturation, élément qui explique par exemple comment au Congo (Mayombé) il y a de très belles forêts denses humides sous des indices pluviométriques de 1 400 mm et des saisons « écosèches » de 4 mois. Je ne crois pas qu'il soit possible à l'échelle universelle de définir des bioclimats simplement par des moyennes annuelles de température et de précipitations, ce qui est à la base même du système HOLDRIDGE. Les cas cités plus haut sont-ils de simples exceptions qui ne devraient pas être opposées à une classification générale des bioclimats établie à un plan supérieur de « zones de vie ». Nos propres recherches sur la climatologie tropicale nous font penser que les éléments climatiques ignorés par HOLDRIDGE sont d'une grande importance, et que sans eux il n'est pas possible d'appro-

cher d'assez près la délimitation entre bioclimats tropicaux. Tous les éléments qui sont déterminants d'un bioclimat doivent entrer en considération ¹.

Le système de HOLDRIGE est à cet égard sans nuances, et parfois au contraire, il divise peut-être d'une façon excessive. Nous avons sur ce dernier point déjà demandé ce qui pourrait séparer biologiquement ces 6 types de forêt dense humide de la zone intertropicale. C'est à l'auteur de ces distinctions de le préciser. J'ai pensé jusqu'à présent, d'après ma connaissance des forêts denses humides africaines et amazoniennes, qu'en dehors des cas édaphiques, il n'y avait pas de distinctions biologiques majeures à faire entre des forêts recevant plus de 2 000 mm d'eau répartie assez régulièrement dans l'année et que le surplus n'était d'aucune utilité pour la forêt, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas lieu de diviser les forêts selon qu'elle reçoivent 2, 4 ou 8 m d'eau. Les calculs d'évaporation, que je trouve dans la notice de la carte écologique de la Colombie m'apportent un argument. Dans toutes ces forêts colombiennes où la pluviosité est très élevée, dès que celle-ci dépasse 2 m, l'évapo-transpiration calculée selon THORNTHWAITTE est maximum et égale à l'évapo-transpiration potentielle. Quelle peut être l'influence physiologique des excédents d'eau dont elle n'a que faire sur la biologie de la forêt. Influence inhibitrice peut être, provenant de sols constamment saturés d'eau! Il a déjà été constaté que les forêts les plus humides, même bien drainées (4-5 m d'eau et plus) n'étaient pas les plus belles. C'est un problème que nous n'avons jamais eu l'occasion de nous poser ni en Afrique, ni en Amazonie.

Pour HOLDRIGE un mois est sec lorsque PE est supérieur à P ($\frac{PE}{P} > 1$), PE et P étant des valeurs mensuelles moyennes; cela revient à écrire $\frac{58,93}{12} t > P$, soit environ $5 t > P$.

Pour une température mensuelle moyenne de 25° d'un pays tropical

1. HOLDRIDGE appelle ces cas où les formations ne sont pas en concordance avec son système, des associations édaphiques et atmosphériques. Les formations édaphiques devant évidemment être considérées à part, j'avoue ne pas comprendre ce que sont des « associations atmosphériques ». Dans un bioclimat, il y a toujours des causes atmosphériques qui sont en jeu avec les causes cosmographiques lesquelles ne dépendent que de la marche apparente du soleil. Les petites saisons sèches de la zone tropicale sont les unes d'ordre cosmographique, le plus souvent d'ordre atmosphérique (alizés). Comment séparer dans les pluies zénithales de l'été, l'apport supplémentaire des effets de mousson; l'action propre du relief sur les alizés dans les pluies normales de l'été, etc... Si la pluviosité du versant atlantique de l'Amérique Centrale est très élevée (2-5 m) ce n'est pas un effet exclusivement cosmographique, mais surtout l'effet atmosphérique des alizés, des vents froids du nord et du relief. En Afrique soudanaise la sécheresse de l'harmattan hivernal s'ajoute à la sécheresse normale de la saison. On ne peut séparer du point de vue écologique dans un bioclimat, complexe statique, la part qui revient au soleil, aux vents et au relief.

Les bioclimats qui seraient sous une unique influence cosmographique sont exceptionnels, et peut-être n'en existe-t-il pas. Le bioclimat est un tout; la présence et la distribution des formations végétales pour être expliquées écologiquement, doivent mettre en cause tous les éléments qui constituent le complexe bioclimatique.

un mois serait sec lorsque les précipitations atmosphériques seraient inférieures à 125 mm. C'est un nombre minimum beaucoup plus fort que ceux admis ordinairement par d'autres climatologues pour la limite d'un mois sec (GAUSSEN $P = 2 t$, AUBREVILLE $P = 1,2 t$). Cette limite est beaucoup trop élevée pour l'Afrique notamment, où un mois qui reçoit 125 mm de pluies est généralement considéré comme un mois très pluvieux.

Le principe de base admis par cette école climatologique, selon lequel l'évapo-transpiration potentielle ne dépend que de la température, découle sans doute directement du principe de la conservation de l'énergie. Un sol couvert de végétation dépensera d'autant plus d'énergie qu'il en aura davantage absorbé sous forme de radiations solaires incidentes et de chaleur cédée par l'atmosphère. Cette quantité d'énergie dépend pour une part de la nature de la végétation et de celle du sol (*albedo*, fraction d'énergie incidente perdue par réflexion). Plus elle sera grande, plus grand sera le pouvoir d'évapo-transpiration. D'autre part, la répartition de cette énergie qui sera dépensée, chaleur latente de vaporisation utilisée pour l'évapo-transpiration, chaleur utilisée pour la convection et chaleur servant à échauffer le sol, dépendra, nous l'avons dit, du type de la végétation, de la nature du sol et de sa perméabilité. Dans quelle mesure la nature de la végétation et celle du sol influencent le bilan énergétique en pays tropical où la végétation est plus ou moins ouverte, à l'état de vie plus ou moins ralentie suivant les saisons, les sols plus ou moins découverts, plus ou moins absorbants pour l'eau et la chaleur, aucune mesure n'a encore été faite à ma connaissance qui nous permette de négliger *a priori* ces causes de variation de l'évapo-transpiration autres que la température.

Ce sont donc les hypothèses de base de cette théorie de l'évapo-transpiration, qui ne peuvent être admises sans réserve, en tant qu'élément climatique unique pouvant servir à la définition et à la classification des bioclimats.